

# ÍNDICES MÁS COMUNES EN BIOLOGÍA. SEGUNDA PARTE, SIMILARIDAD Y RIQUEZA BETA Y GAMMA

MOST COMMON INDICES  
IN BIOLOGY. SECOND PART.  
SIMILARITY AND BETA AND  
GAMMA RICHNESS

Claudia Sofía Polo Urrea, Ph.D.<sup>1</sup>

Foto Flickr

<sup>1</sup> Docente Programa de Biología Aplicada, Facultad de Ciencias, Universidad Militar "Nueva Granada", claudiap@umng.edu.co

## RESUMEN

Presento un ejemplo de los índices beta y gamma más comunes en biología. Este artículo tutorial complementa el presentado en el volumen anterior, sobre índices alfa.

**Palabras Clave:** Diversidad beta, riqueza beta, diversidad gama, riqueza gama, indices de similaridad.

## ABSTRACT

I dp present an example of the most common beta and gamma richness indices. This tutorial article complement the article presented in the previous volume, about alpha richness.

**Keywords:** Beta diversity, beta richness, gamma diversity, gamma richness, similarity indices.

## INTRODUCCIÓN

Con el avance del software en ecología se ha hecho más fácil el análisis de diferentes comunidades, o de gradientes de riqueza. Los diferentes niveles de riqueza, definidos por Whittaker, 1977, son: La riqueza alfa, la cual hace referencia a la riqueza local. La riqueza beta, o turnover de especies. Y la riqueza gamma, que es interpretada como la riqueza regional o a nivel de paisajes.

Los índices que miden la riqueza beta se puede dividir en tres grupos, los de similaridad, los de complementariedad, y los Beta.

### Índices de Similaridad

Las fórmulas clásicas utilizadas para el cálculo de estos índices están explicadas en Polo

2007, sin embargo, en los software actuales se utilizan otras fórmulas, que son las que presento a continuación.

*Czekanowski - Sørensen*

$$\frac{2C}{S_1 + S_2}$$

*Jaccard*

$$\frac{C}{S_1 + S_2 - C}$$

Donde:  $C$  es el número de especies que están presentes en las dos muestras y  $S_1$ , corresponde al número de especies, en el sitio 1 y  $S_2$  al número de especies en el sitio 2.

*Morisita - Horn*

$$\frac{2 \sum (n_{ia} * n_{ib})}{(da + db) * (N_a * N_b)}$$

Donde:

$n_{ia}$  = número de individuos de la especie  $i$  en el sitio a

$n_{ib}$  = número de individuos de la especie  $i$  en el sitio b

$N_a$  = número de individuos en el sitio a

$N_b$  = número de individuos en el sitio b

$$da = \frac{\sum n_{ia}^2}{N_a^2} \quad \text{para el sitio a}$$

$$db = \frac{\sum n_{ib}^2}{N_b^2} \quad \text{para el sitio b}$$

## Índices de Complementaridad y Disimilaridad

Colwell & Coddington definen complementaridad como la distinción de la composición de especies, a un nivel mayor de escala espacial, que incluye diferencias ecológicas.

Los más usados índices de complementaridad son:

### *Bray –Curtis*

Es uno de los más fáciles de obtener, porque básicamente es el inverso del índice de Sørensen, con el desarrollo de los software en ecología, este índice ya no es restringido solo a comparar dos comunidades, sino que se puede ver la proporción de especies presentes en una comunidad y no en otras.

### *Complementaridad de Colwell & Coddington*

Colwell y Coddington, 1994 desarrollan un índice de complementaridad, con base en datos de presencia y ausencia. Es el índice más común en los software ecológicos.

### *Distancia Euclíadiana*

Es de los índices de disimilaridad más antiguo y más citado. Tiene unos supuestos muy estrictos en cuanto al tipo de datos que analiza. Cuando las muestras son muy grandes, los valores de las distancias entre las muestras no son comparables.

### *Magurran*

Propone un índice que mide cuadrantes o gradientes sucesivos a lo largo de un transecto. No es muy usado porque no mide toda la comunidad, sino el índice por pares a lo

largo del transecto y se va comparando entre pares.

$$\beta = (N_1 + N_2)(1 - I_j)$$

$(N_1)$  = número de especies en la muestra 1

$N_2$  = número de especies en la muestra 2

$I_j$  = índice de Jaccard

Otros índices de disimilaridad usados en los software de ecología son: Canberra, Pearson, porcentaje dissimilarity.

## Índices Beta

Vellend 2001, resalta la importancia de distinguir los dos tipos de índices beta.

Un tipo mide la variación en la composición de especies, independiente del gradiente.

Otro tipo de índices beta miden el cambio en composición de especies en un gradiente, o species turnover. Este tipo de índices ha sido empleado para analizar gradientes de manera general; asumen que los sitios o comunidades son discontinuos y no se sobreponen. Por eso estos índices beta se consideran que miden el turnover regional.

Los índices beta no tienen un valor máximo. Entre más alto el valor del índice beta, menor número de especies compartidas entre las comunidades.

Una crítica a los índices beta es que son con base en presencia – ausencia y se pierde la información cuantitativa sobre la composición de las comunidades.

Una extensa revisión de los índices beta esta en Koleff et al. 2003, Wilson & Schmid 1985,

Magurran 1988. Ejemplos de los cálculos están en el artículo clásico de Wilson & Schmida 1984.

A continuación presento los índices beta más comunes en ecología:

### Cody

Este índice permite conocer un poco sobre los cambios en la composición de especies en las muestras tomadas a lo largo de un transecto

$$\beta_C = \frac{g(H) + l(H)}{2}$$

$g(H)$  = número de especies que se ganan a lo largo del transecto

$l(H)$  = número de especies que se pierden a lo largo del transecto

### Whitakker

Desarrollado con base en los estudios clásicos de Whitakker en transectos. Estima la variación de la composición de especies a lo largo de los mismos. Es el más fácil de calcular, tiene restricciones en cuanto trabaja con un número promedio, el cual no necesariamente refleja la heterogeneidad de la comunidad

$$\beta_W = \frac{S}{\alpha} - 1$$

$S$  = número total de especies

$\alpha$  = número de especies promedio entre todas la muestras

### Wilson & Schmida

Es una modificación al índice de Cody, para tratar de ponderar el problema de usar el promedio de especies.

$$\beta_T = \frac{g(H) + l(H)}{2\alpha}$$

### Riqueza Gamma

Estos índices analizan diferentes ecosistemas o sitios. Ya no es por para su utilización en transectos, sino para contrastar zonas diferentes. Estos índices fueron la base para los índices empleados en ecología del paisaje.

Los índices gamma tienen en cuenta tanto la riqueza alfa como la beta. Sin embargo el valor que dan, es el número aproximado de especies para el área de estudio. Esta es la principal crítica que se les hace, incluso cuestionando su utilidad como índices. Se menciona que presentan sesgos en la estimación de la diversidad alfa, en función de que utilizan promedios.

Los índices gamma más usados son:

### Schluter & Ricklefs

Este es el más conocido y fácil de calcular de todos los índices gamma:

$$\text{Gamma} = \text{Div alfa promedio} * \text{Dive beta} * \# \text{total de comunidades}$$

Div alfa promedio = es el promedio de especies en la comunidad de estudio

Div beta = 1 dividido por el número promedio de comunidades ocupadas por una especie.

### Gini – Simpson - Lande

El índice de Gini, es una modificación al índice de Simpson, por esto se conoce como Gini – Simpson. Es para comparar más de una comunidad y como el índice de Simpson,

evalua dominancia. Lande 1996 realizó unas modificaciones al índice de Gini, para reducir el sesgo que hay en los índices alfa. Lande 1996 presenta dos cálculos para medir riqueza gamma, uno es con base en el índice de Shannon, y el otro con base en el índice de Gini. Los cálculos con estos índices involucran un componente de ponderación (weighted), que hace referencia a al área, el porcentaje, o la frecuencia que representa cada comunidad y cada especie en el total de área de estudio, con el fin de reducir. Estos cálculos van más allá del presente tutorial.

### Alfa de Fisher

Este índice esta discutido en Polo 2007

	SitioA	SitioB	$n_{ia}^2$	$n_{ib}^2$	$n_{ib}^2 * n_b$
Especie1		10		100	0
Especie2	3	1	9	1	3
Especie3	6		36		0
Especie4		2		4	0
Especie5	6	4	36	16	24
Especie6	3		9		0
Especie7	7	4	49	16	28
Especie8		3		9	0
Especie9	3		9		0
Especie10	9		81		0
N (número de individuos)	37	24			
$\Sigma$			229	146	55
S (número de especies)	7	6			
C (número de especies compartidas)		3			

### EJEMPLO DE ALGUNOS ÍNDICES BETA Y GAMMA

Czekanowski - Sørensen

$$\frac{2C}{S_1 + S_2} \quad \frac{2*3}{7+6} = 0.462$$

Jaccard

$$\frac{C}{S_1 + S_2 - C} \quad \frac{3}{7+6-3} = 0.300$$

Morisita - Horn

$$\frac{2 \sum (n_{ia} * n_{ib})}{(da + db) * (N_a * N_b)}$$

$$\frac{2 * 55}{(0.167 + 0.253) * (37 * 24)} = 0.294$$

$$da = \frac{\sum n_{ia}^2}{N_a^2} \quad da = \frac{229}{37^2} = 0.167$$

$$db = \frac{\sum n_{ib}^2}{N_b^2} \quad db = \frac{146}{24^2} = 0.253$$

Magurran

$$\beta = (N_1 + N_2)(1 - I_j)$$

$$\beta = (37 + 24)(1 - 0.300) = 42.7$$

Tabla 1. Ejemplo para los índices de similaridad.

	Sitio A	Sitio B	Sitio C	Sitio D	$g(H)$	$l(H)$	Sitios Ocupados
Especie1	1					1	1
Especie2		1			1	1	1
Especie3	1					1	1
Especie4				1	1		1
Especie5	1					1	1
Especie6		1		1	1		2
Especie7			1		1	1	1
Especie8	1					1	1
Especie9			1		1	1	1
Especie10	1	1	1	1			4
$S$	5	4	2	3			
$g(H)$					5	7	
$l(H)$							
$\alpha$			3.5				
Promedio de comunidades ocupadas por una especie							1.4

Tabla 2. Ejemplo hipotético para cálculos de los índices beta.

<i>Cody</i>	<i>Schlüter &amp; Ricklefs</i>
$\beta_C = \frac{g(H) + l(H)}{2}$	$\beta_C = \frac{5 + 7}{2} = 6.000$
<i>Whitakker</i>	$\Gamma = \frac{g(H) + l(H)}{2\alpha}$
$\beta_W = \frac{S}{\alpha} - 1$	$\beta_T = \frac{5 + 7}{2 * 3.5} = 1.714$
$\beta_W = \frac{10}{3.5} - 1 = 1.857$	$\Gamma = 3.5 * \left( \frac{1}{1.4} \right) * 4 = 10$
<i>Wilson &amp; Schmid</i>	

## BIBLIOGRAFÍA

1- Arellano L, Halfpter G. 2003. Gamma Diversity: Derived from and a Determinant of Alpha Diversity and Beta Diversity. An Analysis of Three Tropical

Landscapes. *Acta Zoologica Mexicana* (n.s.) 90: 27-76

2- Colwell RK, Coddington JA. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Phil. Trans. R. Soc. London. B.* 345: 101-118

3- Erni B, Altweig R, Underhill LG. 2007. An index to

compare geographical distributions of species. *Diversity and Distributions* 13: 829–835

4- Ferrier S, Manion G, Elith J, Richardson K. 2007. Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment. *Diversity and Distributions* 13: 252–264

5- Gotelli NJ, Colwell RK. 2001. Quantifying biodiversity: Procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* 4: 379-391

6- Harrison S, Ross SJ, Lawton JH. 1992. Beta diversity on geographic gradients in Britain. *J. Anim. Ecol.*, 61:151-158.

7- Jost L. 2007. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88(10): 2427-2439

8- Kobayashi S. 1987. Heterogeneity Ratio: a Measure of Beta-diversity and Its Use in Community Classification. *Ecol. Res.* 2: 101-111

9- Koleff J, Gaston KJ, Lennon JJ. 2003. Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology*. 72: 367-382

10- Lande R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos* 76: 5-13

11- Magurran AE. 1998. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press.

12- Majer JD, Beeston G. 1996. The Biodiversity Integrity Index: An Illustration Using Ants in Western Australia. *Conservation Biology* 10(1): 65-73

13- Polo CS. 2007 Índices más comunes en biología. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*. 3:197-213.

14- Ricotta C, Marignani M. 2007. Computing Beta-diversity with Rao's quadratic entropy: a change of perspective. *Diversity and Distributions* 13: 237–241

15- Schlüter D, Ricklefs RE. 1993. Convergence and the regional component of species diversity. Pp. 230–240 in Ricklefs RE and Schlüter D (eds.), *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. Chicago University Press, Chicago.

16- Schlüter D, Ricklefs RE. 1993. Species diversity: introduction to the problem. Pp. 1–10 in Ricklefs RE and Schlüter D (eds.), *Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives*. Chicago University Press, Chicago..

17- Schmid A, Wilson MV. 1985. Biological Determinants of Species Diversity. *Journal of Biogeography* 12:1-20.

18- Soininen J, Lennon JJ, Hillebrand H. 2007. A multivariate analysis of beta diversity across organism and environments. *Ecology* 88:2830-2838

19- Vellend M. 2001. Do commonly used indices of Beta-diversity measure species turnover? *Journal of Vegetation Science* 12: 545-552

20- Whittaker RH. 1972. Evolution and measurement of species. diversity. *Taxon* 21: 213-251.

21- Whittaker R H. 1977. Evolution of species diversity in land communities. *Evolutionary Biology*, 10:1-67.

22- Wilson MV, Mohler CL. 1983. Measuring compositional change along gradients. *Vegetatio* 54:129-141.

23- Wilson MV, Schmid A. 1984. Measuring Beta Diversity with Presence-Absence Data. *Journal of Ecology* 72:1055-1064.

24- Wolda H. 1981 Similarity indices, sample size and diversity. *Oecologia (Berl.)*, 50, 296-302.

## CORRECCIÓN AL ARTÍCULO:

# ÍNDICES MÁS COMUNES EN BIOLOGÍA.

Claudia Sofía Polo Urrea, Ph.D.<sup>1</sup>

## CORRECTION TO ARTICLE: MOST COMMON INDICES IN BIOLOGY. FIRST PART

Presento fe de errata para alguno de los cálculos presentados en:

Polo Urrea, C. S. 2007 Índices más comunes en biología. Revista Facultad de Ciencias Básicas. III (1): 197-213.

Agradezco a los estudiantes de Ecología del primer semestre del 2008, quienes en a través de la guía de laboratorio, detectaron los errores.

Tabla 1 Corrección de la Tabla 1 de Polo 2007

	$Ln(P_i)$
Especie A	$Ln(0.72) = -0.324$
Especie B	$Ln(0.01) = -4.419$
Especie C	$Ln(0.01) = -4.419$
Especie D	$Ln(0.06) = -2.809$
Especie E	$Ln(0.01) = -4.419$
Especie F	$Ln(0.18) = -1.711$

Con respecto a las fórmulas de McIntosh, la corrección es:

$$U = \sqrt{\sum n_i^2} = \sqrt{3853} = 62.0725$$

$$D = \frac{N - U}{N - \sqrt{N}} = \frac{83 - 62.0725}{83 - \sqrt{83}} = 0.2832$$

$$\frac{N - U}{\left[ N - \left( \frac{N}{\sqrt{S}} \right) \right]} = \frac{83 - 62.072}{83 - \left( \frac{83}{\sqrt{6}} \right)} = 0.426$$

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Universidad Militar Nueva Granada, claudiap@umng.edu.co